

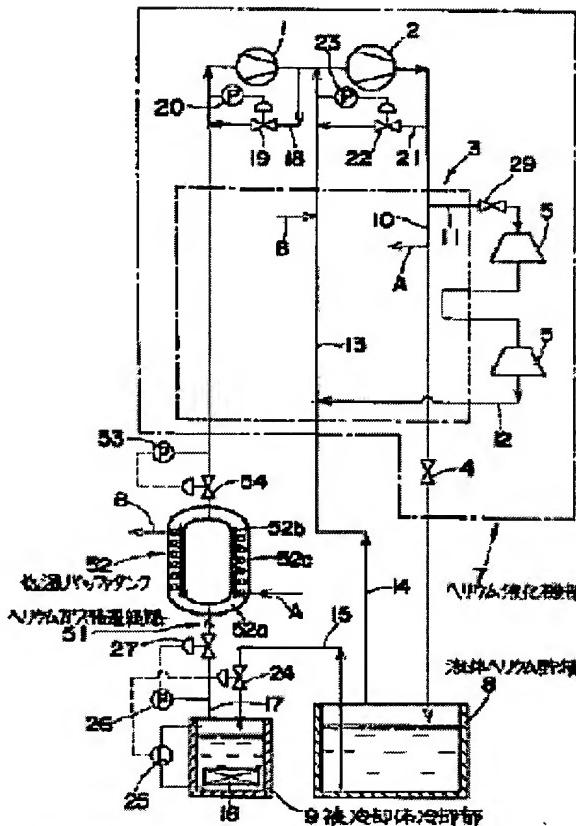
## HELIUM LIQUEFIED REFRIGERATOR AND OPERATING METHOD THEREFOR

**Patent number:** JP8159584  
**Publication date:** 1996-06-21  
**Inventor:** USHIJIMA ISAMU  
**Applicant:** NIPPON SANZO KK  
**Classification:**  
 - international: F25B9/02  
 - european:  
**Application number:** JP19940304492 19941208  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP8159584

**PURPOSE:** To provide a helium liquefied refrigerator in which evaporating gas increased at the time of increasing the thermal load of a material to be cooled is efficiently recovered and which has small facility capacity and power consumption, in the refrigerator in which the thermal load of the material to be cooled is varied and further provide a method for operating the refrigerator.

**CONSTITUTION:** A low temperature buffer tank 52 which is operated by a slightly lower pressure than the pressure of a material-to-be-cooled cooler 9 is provided, the evaporating gas increased at the time of increasing the thermal load of the material 16 to be cooled is temporarily stored in the tank 52, and at the time of reducing the thermal load of the material to be cooled, i.e., reducing the evaporating amount, the low temperature helium gas in the tank 52 temporarily stored is returned to a helium liquefying unit 7 of a predetermined quantity.





(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-159584

(43)公開日 平成8年(1996)6月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

F 25 B 9/02

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L (全8頁)

(21)出願番号

特願平6-304492

(22)出願日

平成6年(1994)12月8日

(71)出願人 000231235

日本酸素株式会社

東京都港区西新橋1丁目16番7号

(72)発明者 牛島 勇

神奈川県川崎市川崎区小島町6-2 日本  
酸素株式会社内

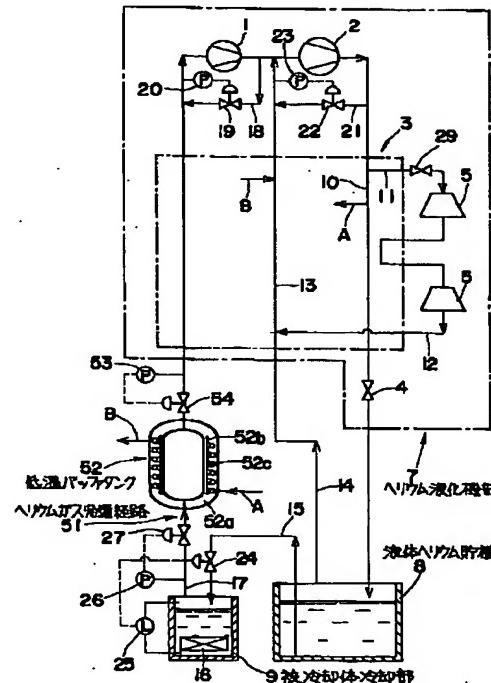
(74)代理人 弁理士 木戸 一彦 (外1名)

(54)【発明の名称】 ヘリウム液化冷凍装置及びその運転方法

(57)【要約】

【目的】 被冷却体の熱負荷が変動するヘリウム液化冷凍装置において、被冷却体の熱負荷増大時に増加する蒸発ガスを効率よく回収し、設備容量及び動力消費の小さなヘリウム液化冷凍装置及び運転方法を提供する。

【構成】 被冷却体冷却部9の圧力より僅かに低い圧力で運転される低温バッファタンク52を設け、該低温バッファタンク52内に、被冷却体16の熱負荷増大時に増加する蒸発ガスを一時蓄積し、被冷却体熱負荷減少時、即ち蒸発量が減少した時に、一時蓄積されている低温バッファタンク52内の低温ヘリウムガスをヘリウム液化機部7に一定量戻すように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液体ヘリウムにより冷却される被冷却体の熱負荷が変動する被冷却体冷却部と、循環圧縮機、熱交換器、膨張タービン、J T弁等を有するヘリウム液化機部と、該ヘリウム液化機部で液化した液体ヘリウムを貯留し、前記被冷却体の熱負荷の変動に応じて必要量の液体ヘリウムを被冷却体冷却部に供給する液体ヘリウム貯槽と、前記被冷却体冷却部で蒸発したヘリウムガスを前記ヘリウム液化機部に戻すヘリウムガス帰還経路とを備えたヘリウム液化冷凍装置において、前記ヘリウムガス帰還経路に、前記被冷却体冷却部の被冷却体の熱負荷の変動による蒸発ヘリウムガス量の変動を吸収可能な容量を有する低温バッファタンクを設置したことを特徴とするヘリウム液化冷凍装置。

【請求項2】 前記ヘリウムガス帰還経路は、低温バッファタンクの入口側に、前記被冷却体冷却部の圧力を所定圧力に調節する圧力調節弁を有するとともに、低温バッファタンクの出口側に、前記ヘリウム液化機部に戻るヘリウムガスの圧力を所定圧力に調節する圧力調節弁を有していることを特徴とする請求項1記載のヘリウム液化冷凍装置。

【請求項3】 前記ヘリウムガス帰還経路は、低温バッファタンクの入口側に、前記被冷却体冷却部の圧力を所定圧力に調節する圧力調節弁を有するとともに、低温バッファタンクの出口側に、前記ヘリウム液化機部に戻るヘリウムガスの流量を所定流量に調節する流量調節弁を有していることを特徴とする請求項1記載のヘリウム液化冷凍装置。

【請求項4】 前記低温バッファタンクは、ヘリウム液化機部から供給される低温ヘリウムガス又は液体窒素で冷却される輻射熱シールド板を備えた多層真空断熱構造で形成されていることを特徴とする請求項1記載のヘリウム液化冷凍装置。

【請求項5】 請求項1記載のヘリウム液化冷凍装置の運転方法であって、前記低温バッファタンクからヘリウム液化機部に戻るヘリウムガスの圧力又は流量を検出して低温バッファタンクを導出するヘリウムガス量を制御するとともに、前記ヘリウム液化機部の循環圧縮機の吸入側の圧力を検出し、該検出圧力に応じて循環圧縮機吐出側のヘリウムガスを循環圧縮機吸入側に循環させて循環圧縮機吸入側の圧力を所定圧力に制御することを特徴とするヘリウム液化冷凍装置の運転方法。

【請求項6】 前記被冷却体冷却部の圧力を検出し、前記低温バッファタンクへ導入する蒸発ヘリウムガス量を制御することを特徴とする請求項5記載のヘリウム液化冷凍装置の運転方法。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ヘリウム液化冷凍装置及びその運転方法に関し、詳しくは、被冷却体の熱負荷

が大幅に増加する際に增量する蒸発ヘリウムガスを回収する系統を備えたヘリウム液化冷凍装置及びその運転方法に関する。

### 【0002】

【従来の技術】 超伝導マグネットや、水素ガスの凝縮排気を行うクライオパネル等の被冷却体の温度を4.2K以下(飽和圧力1気圧以下)に冷却する手段として、従来から減圧液体ヘリウムを供給するヘリウム液化冷凍装置が用いられている。このヘリウム液化冷凍装置は、図3に示すように、第1循環圧縮機1、第2循環圧縮機2、熱交換器群3、J T(ジュールトムソン)弁4、膨張タービン5、加温器6等から構成されるヘリウム液化機部7と、該ヘリウム液化機部7で液化した液体ヘリウムを貯留する液体ヘリウム貯槽8及び被冷却体冷却部9等から構成されている。

【0003】 第1循環圧縮機1及び第2循環圧縮機2で昇圧したヘリウムガスは、ヘリウム液化機部7内の熱交換器群3で、循環圧縮機に戻る帰還低温ヘリウムガスと向流熱交換して冷却された後、J T弁4で自由膨張して気液二相状態のヘリウムとなる。この気液二相状態のヘリウムは、圧力が大気圧より低い被冷却体冷却部9には直接導入されず、大気圧より僅かに高い圧力(例えば1.2気圧)で運転されている液体ヘリウム貯槽8に一旦貯液され、ここで液とガスとの分離が行われる。

【0004】 また、前記第1、第2循環圧縮機1、2で昇圧されたヘリウムガスの一部は、熱交換器群3内の適当な温度位置で流路10から流路11に分岐して膨張タービン5に導入され、断熱膨張して寒冷を発生した後、流路12を経て熱交換器群3内の適当な温度位置で流路13に合流し、前記昇圧ヘリウムガスの冷却源となり、循環流入する流路10の昇圧ヘリウムガスに寒冷を与えて略大気温度まで昇温し、吸入圧力が略大気圧状態の第2循環圧縮機2に吸入され、再び圧縮されて前記経路を循環する。

【0005】 前記液体ヘリウム貯槽8で分離したヘリウムガスは、流路14によりヘリウム液化機部7に戻され、前記熱交換器群3の中で前記膨張タービン5を導出した流路12のタービン流体と合流して流路13を通り、略大気温度まで昇温して第2循環圧縮機2の吸入側に戻される。

【0006】 一方、前記液体ヘリウム貯槽8に貯液された液体ヘリウムは、流路15に導出して被冷却体冷却部9に供給され、ここで被冷却体16を冷却することにより蒸発してガス化し、流路17を介して前記ヘリウム液化機部7に戻され、熱交換器群3で循環流入する流路10の昇圧ヘリウムガスに寒冷を与えることにより略大気温度まで昇温し、吸入圧力が大気圧より低い圧力状態の前記第1循環圧縮機1に吸入される。

【0007】 このように吸入圧力の異なる圧縮機を二段構成にすることにより、第1循環圧縮機1側の吸入量を

小さくでき、全体の圧縮動力を軽減することができる。

【0008】第1循環圧縮機1は、前記のように被冷却体冷却部9から該第1循環圧縮機1に至る系統のヘリウムガスを大気圧より低い圧力で吸入し、第2循環圧縮機2の吸入圧力に応じた圧力、即ち大気圧と略同じ圧力まで昇圧して導出するものであり、被冷却体冷却部9から熱交換器群3を経由して導入される帰還ヘリウムガス量の変動に対応し、吸入圧力を一定に保持するように、循環バイパス流路18及びバイパス弁19を設け、第1循環圧縮機1の吸入口付近の流路に設けられた圧力調節器20の信号により前記バイパス弁19の開度が調節される。

【0009】第2循環圧縮機2は、前記第1循環圧縮機1を導出するヘリウムガスを所定の圧力まで昇圧するためのものであり、前記第1循環圧縮機1と同様に、導入されるヘリウムガス量の変動に対応し、吸入圧力を一定に保持するように、循環バイパス流路21及びバイパス弁22を設け、第2循環圧縮機2の吸入口付近の流路に設けられた圧力調節器23の信号により前記バイパス弁22の開度が調節される。

【0010】前記熱交換器群3は、昇圧ヘリウムガスを帰還ヘリウムガスと向流熱交換させて寒冷を回収するものであり、昇圧ヘリウムガスを所定の温度まで冷却するとともに、帰還ヘリウムガスを昇温させ、また、昇圧ヘリウムガスの一部を所定の温度で膨張タービン5に導出し、該膨張タービン5で寒冷を発生した後の低温ガスを導入するため、複数個の熱交換器及び連絡配管で構成されている。

【0011】さらに、被冷却体冷却部9には、液体ヘリウムの量を一定に保持するために液体ヘリウム供給弁24の開度を調整する液位調節器25と、被冷却体16の冷却温度、即ち被冷却体冷却部9の圧力を一定に保持するように、圧力調節器26からの信号により開度が調節される圧力調節弁27が設けられている。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来構成の装置の場合、以下のような問題があった。すなわち、被冷却体16の熱負荷変動量が大きい場合のヘリウム液化冷凍装置においては、第1循環圧縮機1の容量は、被冷却体16の熱負荷増大時に増加する蒸発ガス量を処理するのに十分な容量のものが選定され、一方、被冷却体16の熱負荷減少時には、蒸発ガス量が減少するにも拘らず、圧縮機の特性から一定量のガスを吸入させる必要があるため、被冷却体16の熱負荷減少運転中は、バイパス弁19を介して第1循環圧縮機1の吐出ガスの一部を吸入側に戻す、いわゆるバイパス運転をしなければならないので、設備容量が大きくなりランニングコストが上昇する。

【0013】また、被冷却体16の熱負荷増大時は、蒸発ガス量が増加するため、その寒冷を熱交換器群3で有

効に回収することができず、第1循環圧縮機1の吸入温度の異常低下や、吸入配管の結露等、運転上の支障をきたすので、熱交換器温端出口部に温度調節器28の信号により温度調節を行う前記加温器6を設置して寒冷を捨てる必要がある。

【0014】一方、寒冷回収の方法として、膨張タービン入口弁29の開度を絞って発生寒冷を抑え、同時にJT弁4の開度を増加して熱交換器群3の流路10内の流量を増加させて寒冷の回収を行うことにより加温器6を省略することができるが、この場合は、運転制御が複雑となるばかりでなく、熱交換器群3の各熱交換器の温度が安定するまでのタイムラグがあるため、被冷却体16の熱負荷変動周期の短い運転が必要な場合においては採用できない。

【0015】寒冷回収の別の方法として、熱交換器群3の容量を大きくすることも考えられるが、この場合も、前記寒冷回収方法と同様な運転上の問題に加え、ヘリウム液化機部7が大型化となり設備コストが上昇する。

【0016】また、被冷却体16の熱負荷変動量が比較的小さい場合には、ヘリウム液化機部7は最大冷凍能力で運転し、加温器6の代わりに被冷却体冷却部9内に液位調節器及びヒーター(図示せず)を設置し、熱負荷減少時に被冷却体冷却部9内の液体ヘリウムの液位によってヒーターを制御し、蒸発ヘリウムガス量を一定にすることも行われているが、ヘリウム液化冷凍装置の冷凍能力は、被冷却体の最大熱負荷に見合う容量で設計されるため、設備容量が大きくなり、また、被冷却体16の熱負荷減少時は、戻りヘリウムガス量を一定にするように余剰の寒冷をヒーターで消費するため、動力的に無駄を生じている。

【0017】そこで本発明は、被冷却体の熱負荷量が大きく変動し、また、熱負荷増大時間が熱負荷減少時間に比べて短い運転が要求される被冷却体を冷却するのに好適なヘリウム液化冷凍装置及びその運転方法を提供することを目的とする。

#### 【0018】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するため、本発明のヘリウム液化冷凍装置は、液体ヘリウムにより冷却される被冷却体の熱負荷が変動する被冷却体冷却部と、循環圧縮機、熱交換器、膨張タービン、JT弁等を有するヘリウム液化機部と、該ヘリウム液化機部で液化した液体ヘリウムを貯留し、前記被冷却体の熱負荷の変動に応じて必要量の液体ヘリウムを被冷却体冷却部に供給する液体ヘリウム貯槽と、前記被冷却体冷却部で蒸発したヘリウムガスを前記ヘリウム液化機部に戻すヘリウムガス帰還経路とを備えたヘリウム液化冷凍装置において、前記ヘリウムガス帰還経路に、前記被冷却体冷却部の被冷却体の熱負荷の変動による蒸発ヘリウムガス量の変動を吸収可能な容量を有する低温バッファタンクを設置したことを特徴とするものであり、さらに、前

記低温バッファタンクの入口側に、前記被冷却体冷却部の圧力を所定圧力に調節する圧力調節弁を設けるとともに、低温バッファタンクの出口側に、前記ヘリウム液化機部に戻るヘリウムガスの圧力を所定圧力に調節する圧力調節弁、あるいは、ヘリウムガスの流量を所定流量に調節する流量調節弁を設けたことを特徴とし、また、前記低温バッファタンクを、ヘリウム液化機部から供給される低温ヘリウムガス又は液体窒素で冷却される輻射熱シールド板を備えた多層真空断熱構造で形成したこととする特徴としている。

【0019】すなわち、本発明装置は、被冷却体冷却部の圧力より僅かに低い圧力で運転される所定の容量の低温バッファタンクを、被冷却体冷却部とヘリウム液化機部との間に設け、該低温バッファタンク内に被冷却体の熱負荷増大時に増加する蒸発ガスを一時蓄積し、被冷却体の熱負荷減少時、即ち蒸発ガス量が減少した時に、一時蓄積されている低温バッファタンク内のヘリウムガスを一定圧力又は一定流量でヘリウム液化機部に回収する手段を設けたものである。

【0020】そして、前記低温バッファタンクは、ヘリウム液化冷凍装置の冷凍能力を可及的に増大させないよう、即ち熱侵入量を数W程度に抑制すべく多層真空断熱構造とし、該真空断熱層内には、冷媒としてヘリウム液化機部からの低温ヘリウムガスや他の流体、例えば液体窒素等を供給する冷却管を付設した輻射熱シールド板を内蔵したものである。

【0021】また、本発明装置は、被冷却体冷却部には、被冷却体の熱負荷に応じて蒸発した液体ヘリウムを自動的に補充し、被冷却体冷却部の液位を一定に保持するように、液位調節器と、該液位調節器からの信号により開度調整を行う液体ヘリウム供給弁とを備えるとともに、被冷却体冷却部の出口流路に、圧力調節器と、該圧力調節器からの信号により開度調整を行い、設定圧力以上になった場合に蒸発ガスを後流に設置した低温バッファタンクに送出し、被冷却体の熱負荷変動に關係なく被冷却体冷却部の圧力を常時一定に保持する圧力調節弁とを備えている。

【0022】さらに、低温バッファタンクを出てヘリウム液化機部内の熱交換器群を経て循環圧縮機に戻る帰還ヘリウムガス回収流路の流量を一定に保持する手段として、低温バッファタンクの出口流路に圧力調節器と、該圧力調節器からの信号により開度調整を行う圧力調節弁とを備え、あるいは、帰還ヘリウムガス回収流路の流量を一定に保持する手段として、前記圧力調節器及び圧力調節弁の代わりに、低温バッファタンク出口流路に流量調節器と、該流量調節器からの信号により開度調整を行う流量調節弁とを備えている。

【0023】上記構成において、液体ヘリウム貯槽と低温バッファタンクとは、それぞれ、被冷却体の熱負荷増大時と減少時（定常時）に必要となる変動量を吸収し得

る容量に形成されている。

【0024】加えて、循環圧縮機の吸入圧力を一定に保持する手段として、循環圧縮機の吐出側と吸入側とをバイパス弁を介して接続するバイパス流路と、該バイパス弁を循環圧縮機の吸入圧力に応じて開閉する圧力調節器とを備えている。このバイパス流路の圧力調節器及びバイパス弁は、循環圧縮機が複数段の圧縮機で構成される場合は、それぞれの圧縮機に備えることができる。

【0025】また、本発明のヘリウム液化冷凍装置の運転方法は、上記構成のヘリウム液化冷凍装置の運転方法であって、前記低温バッファタンクからヘリウム液化機部に戻るヘリウムガスの圧力又は流量を検出して低温バッファタンクを導出するヘリウムガス量を制御するとともに、前記循環圧縮機の吸入側の圧力を検出し、該検出圧力に応じて循環圧縮機吐出側のヘリウムガスを循環圧縮機吸入側に循環させて循環圧縮機吸入側の圧力を制御することを特徴とし、さらに、前記被冷却体冷却部の圧力を検出し、前記低温バッファタンクへ導入する蒸発ヘリウムガス量を制御することを特徴としている。

【0026】すなわち、本発明方法は、ヘリウムガスを液化し、生成した液体ヘリウムを一時液体ヘリウム貯槽に貯留し、該液体ヘリウムを被冷却体冷却部に導入して被冷却体を冷却するヘリウム液化冷凍装置の運転方法であって、被冷却体を冷却することにより蒸発したヘリウムガスを、該蒸発ヘリウムガス量の増減を吸収し得る容量を有する低温バッファタンクに一時蓄積し、該低温バッファタンクを導出して前記ヘリウム液化機部の熱交換器群を経て循環圧縮機の吸入口に至る流路の圧力又は該流路の流量を検出して、低温バッファタンクを導出するヘリウム量を制御するとともに、前記循環圧縮機を導出するヘリウムガスの一部を分岐し、該循環圧縮機の吸入側へ循環する循環バイパスヘリウム量を制御するものであり、また、被冷却体冷却部の圧力を検出して前記低温バッファタンクへ導入する蒸発ヘリウムガス量を制御することを特徴としている。

【0027】上記のように、本発明方法は、循環圧縮機で昇圧したヘリウムガスを、膨張タービンで断熱膨張により寒冷を得た戻り低温ヘリウムガスと、冷却体冷却部から戻る帰還ヘリウムガスとの熱交換により冷却し、JT膨張により液化して液体ヘリウム貯槽内に貯藏し、該液体ヘリウム貯槽内の液体ヘリウムを所定量導出して被冷却体の冷却源とし、該被冷却体を冷却することにより蒸発した低温ヘリウムガスを熱交換により昇温後、再び昇圧して循環させるヘリウム液化冷凍装置の運転方法において、前記被冷却体の熱負荷増大時に、前記液体ヘリウム貯槽から冷却体冷却部に供給する液体ヘリウム量を增量するとともに、該增量分に相当して增量する被冷却体冷却後の低温ヘリウムガスを低温バッファタンクに一時蓄積し、該一時低温バッファタンクに蓄積された增量分のヘリウムガスを、前記被冷却体の熱負荷減少時に減

少するガス量に応じて導出し、該ヘリウムガス自身が保持している寒冷を捨てることなく低温の状態で回収し、増減量を平均化して常時略一定量を循環させるようにしたものである。

#### 【0028】

【作用】上記構成によれば、被冷却体の熱負荷が変動するヘリウム液化冷凍装置において、熱負荷増大運転時、増加した蒸発ガスを低温バッファタンクに一時蓄積しておき、一方、熱負荷減少運転時、即ち蒸発ガス減少時に、先に蓄積され前記増加した蒸発ガスを該蒸発ガスが有する寒冷と共に有効に回収することが可能となる。

【0029】このように、定常運転時（熱負荷減少時）に比べて熱負荷増大時に一時的に增量する蒸発ガスを、低温バッファタンクに蓄積し寒冷と共に回収することにより、ヘリウム液化機部を平均熱負荷に対応する容量で構成し、熱負荷の変動に拘らず常に一定の状態での運転が可能となり、ヘリウム液化機部の容量を増大させることなく大きな熱負荷に対応することができる。したがって、定常運転時に必要な液化冷凍能力に、必要最小限の一定量を加えた余剰液化冷凍能力を有するヘリウム液化冷凍装置を用いて、該余剰液化冷凍能力により、熱負荷増大時に必要となる量の液体ヘリウムを液体ヘリウム貯槽に貯留することができる。

【0030】前記余剰液化冷凍能力は、定常運転時に対する熱負荷増大時の容量と運転時間（運転サイクル）の割合及び熱ロスを含めた必要な液化冷凍能力により設定されるが、熱負荷が最大時と定常時で大幅に異なり、かつ、熱負荷最大運転時間が定常運転時間に比べて短い場合は、定常運転に必要な液化冷凍能力に、必要最小限の液化冷凍能力を付与するだけでよく、最大液化冷凍能力で設計された従来のヘリウム液化冷凍装置に比べて装置全体を小型化でき、消費動力の低減と容易な運転制御が可能なヘリウム液化冷凍装置が得られる。本発明は、被冷却体の熱負荷が最大時と定常時とで、その必要液化冷凍能力の差が大きいほど、また、熱負荷最大運転時間が定常運転時間に比べて短いほど効果が大きい。

#### 【0031】

【実施例】以下、本発明を、図面に示す実施例に基づいてさらに詳細に説明する。なお、以下の各実施例の説明において、前記従来例と同一要素のものには同一符号を付して、その詳細な説明は省略する。

【0032】図1は、本発明を適用した第1実施例のヘリウム液化冷凍装置を示すもので、前記図3に示した従来装置と同様の第1循環圧縮機1、第2循環圧縮機2、熱交換器群3、JT弁4及び膨張タービン5、5を備えたヘリウム液化機部7と、液体ヘリウム貯槽8、被冷却体冷却部9とに加え、前記被冷却体冷却部9で蒸発したヘリウムガスを前記ヘリウム液化機部7に戻すヘリウムガス帰還経路51に低温バッファタンク52を設置したものであり、本実施例は、前記被冷却体冷却部9、前記

低温バッファタンク52及び第1循環圧縮機1の吸入系統を大気圧より低い圧力で運転する場合の例である。

【0033】前記低温バッファタンク52は、熱侵入量を最少限にするため、真空断熱式二重殻構造で形成するとともに、真空断熱層52aに輻射熱シールド板52bを設け、該輻射熱シールド板52bに付設された冷却管52cに、冷媒として必要な低温ヘリウムガスをヘリウム液化機部7から流路Aを介して供給し、寒冷を与えた後、流路Bを介して再びヘリウム液化機部7に戻すようしている。なお、冷媒は他の流体、例えば液体窒素等を使用することもできる。

【0034】前記被冷却体冷却部9には、該被冷却体冷却部9内の液体ヘリウム量を検出する液位調節器25が設けられるとともに、液体ヘリウム貯槽8に貯液された液体ヘリウムを被冷却体冷却部9に供給する流路15には、前記液位調節器25により制御される液体ヘリウム供給弁24が設けられ、被冷却体16の熱負荷に応じた必要量の液体ヘリウムが被冷却体冷却部9に供給されるよう構成されている。

【0035】また、ヘリウムガス帰還経路51の低温バッファタンク52の入口側、すなわち、被冷却体冷却部9と低温バッファタンク52との間には、被冷却体16の冷却温度、即ち被冷却体冷却部9の圧力を、被冷却体16の熱負荷変動に拘らず常に一定に保持できるよう、圧力調節器26と該調節器26により制御される圧力調節弁27とが設けられている。さらに、低温バッファタンク52とヘリウム液化機部7との間のヘリウムガス帰還経路51には、圧力調節器53と該調節器53で制御される圧力調節弁54とが設置され、低温バッファタンク52からヘリウム液化機部7に回収する帰還ヘリウムガスの圧力を、被冷却体16の熱負荷変動に拘らず変動量を平均化した一定量に常時保持するようしている。

【0036】前記第1循環圧縮機1及び第2循環圧縮機2には、該循環圧縮機1、2の吸入圧力を一定に保持するよう、該両循環圧縮機1、2から吐出されたヘリウムガスを一部分岐して吸入側へ戻す循環バイパス流路18、21がそれぞれ設けられ、両循環圧縮機1、2の吸入口付近の流路には、循環バイパス流路18、21にそれぞれ設けたバイパス弁（圧力調節弁）19、22を制御する圧力調節器20、23が設けられている。

【0037】次に、上記構成のヘリウム液化冷凍装置において、熱負荷が周期的に大幅に変動する例について説明する。即ち、被冷却体16の熱負荷が定常運転時250W、最大熱負荷運転時4000W、その最大熱負荷運転サイクルが300秒毎に20秒間、被冷却体の温度を3.6K（液体ヘリウム飽和圧力0.52気圧）に冷却する場合について説明する。

【0038】この場合、平均熱負荷は、 $(250\text{W} \times 280\text{秒} + 4000\text{W} \times 20\text{秒}) \div 300\text{秒} = 500\text{W}$ と

なるので、ヘリウム液化冷凍装置の液化冷凍能力は 500W に設定される。したがって、定常運転時の 280 秒間に、余剰の液化冷凍能力 ( $500\text{W} - 250\text{W}$ ) = 250W によって得られる液体ヘリウムは約 3710g (約 30 リットル) となり、該液体ヘリウムは、運転圧力が 1.2 気圧の液体ヘリウム貯槽 8 に貯液され、該液体ヘリウム貯槽 8 の液面を上昇させる。

【0039】上記定常運転 (280 秒間) 時に液体ヘリウム貯槽 8 に貯液された液体ヘリウムは、最大熱負荷運転 (20 秒間) 時に不足する液化冷凍能力 ( $4000\text{W} - 500\text{W}$ ) = 3500W 相当分の液体ヘリウムとして、液位調節器 25 により調節される液体ヘリウム供給弁 24 を介して被冷却体冷却部 9 に補充され、液体ヘリウム貯槽 8 の液面は元の位置に下がる。

【0040】最大熱負荷運転 (20 秒間) 時に増加する蒸発ヘリウムガス量は約 3710g であり、温度 3.6K の容積に換算して約 400 リットルに相当するから、低温バッファタンク 52 の運転圧力下限値を被冷却体冷却部 9 の運転圧力 0.5 気圧より 0.1 気圧低い 0.4 気圧と設定すれば、内容積約 2000 リットルを有する低温バッファタンク 52 を設置することにより、蒸発ヘリウムガス約 400 リットルの全量を蓄積することができる。

【0041】すなわち、最大熱負荷運転 (20 秒間) 時に増加する蒸発ヘリウムガスは、被冷却体冷却部 9 の出口に設置された圧力調節器 26 の信号を受けて開度調節される圧力調節弁 27 の開度を増加させ、被冷却体冷却部 9 の圧力を一定に保ちつつ、低温バッファタンク 52 の圧力を 0.4 気圧から 0.5 気圧に上昇させて該低温バッファタンク 52 に全量が蓄積される。

【0042】一方、第 1 循環圧縮機 1 は、前記平均熱負荷 (冷凍能力) 500W 分に相当する蒸発ガス量 26.5 g/s (温度 3.6K での体積流量で 2.9 リットル/s に相当) 程度の定格容量を有するものが選定される。前記低温バッファタンク 52 より導出してヘリウム液化機部 7 に回収される蒸発ガスは、低温バッファタンク 52 の出口に設けられた圧力調節器 53 及び該調節器 53 の信号を受けて開度調節される圧力調節弁 54 により、熱負荷の増減に拘らず常時一定に保持されつつ、前記第 1 循環圧縮機 1 に循環吸入される。

【0043】定常運転 (280 秒間) 時の熱負荷 (250W) による蒸発ガス量は 13.25 g/s であるから、第 1 循環圧縮機 1 は、定格風量 26.5 g/s に対して 13.25 g/s の余裕を持つことになる。この余裕分は、前工程、即ち最大熱負荷運転時に低温バッファタンク 52 に蓄積された前記蒸発ガス增量分約 3710g の吸引に充てられ、增量分の全量 ( $13.25\text{g/s} \times 280\text{秒} = 3710\text{g}$ ) が処理されるから、前記低温バッファタンク 52 の圧力は、0.5 気圧から元の圧力 0.4 気圧に戻る。

【0044】第 1 循環圧縮機 1 に付属するバイパス弁 19 は、低温バッファタンク 52 の圧力が設定下限値 (0.4 気圧) に達した時に、相当する第 1 循環圧縮機 1 の吸入圧力を圧力調節器 20 で検出し、該調節器 20 の信号によりバイパス弁 19 の開度を増加するようにしている。これは、最大熱負荷運転時の蒸発ガス量が所定量 (計画値) よりも少なく、定常運転時間 (280 秒) より早く低温バッファタンク 52 の圧力が所定の設定下限値 (0.4 気圧) に達してしまった場合等、低温バッファタンク 52 から規定量以上の蒸発ガスを吸引し、ヘリウム液化機部 7 内の熱交換器群 3 における熱バランスを崩さないようにするためにある。このとき、第 1 循環圧縮機 1 の吐出ガスの一部がバイパス弁 19 を経由して吸入側に戻され、第 1 循環圧縮機 1 の吸入圧力を一定に保持することにより、ヘリウム液化機部 7 内の熱交換器群 3 に流入する低温バッファタンク 52 からの蒸発ガス回収量が常時一定量に調節される。

【0045】このように、被冷却体 16 の熱負荷が大幅に変動するヘリウム液化冷凍装置において、熱負荷増大時に増加する蒸発ガスを一時低温バッファタンク 52 に蓄積し、熱負荷減少時に該蓄積蒸発ガスの全量を低温のまま回収することにより、従来の装置では最大熱負荷に相当する液化冷凍能力 (4000W) が必要であったが、本発明によれば、これを大幅に低減 (500W) することができ、ヘリウム液化冷凍装置の設備コストや運転コストを低減することができるとともに、運転制御を容易ならしめることができる。

【0046】なお、本実施例では、低温バッファタンク 52 に一時蓄積した蒸発ガスをヘリウム液化機部 7 に一定圧力で回収するように、圧力調節器 53 と圧力調節弁 54 とを設けたが、該圧力調節器 53 及び圧力調節弁 54 に代えて、流量調節器と流量調節弁とを低温バッファタンク 52 の出口側のヘリウムガス帰還経路 51 に設け、流量調節器の信号で流量調節弁を制御して低温バッファタンク 52 に一時蓄積した蒸発ガスを一定流量で回収するようにしてもよい。

【0047】図 2 は、本発明を適用した第 2 実施例のヘリウム液化冷凍装置を示すもので、被冷却体 16 の冷却温度がヘリウムの大気圧における飽和温度より若干高くてもよい場合に適用されるものであり、被冷却体冷却部 9 の圧力が、例えば 1.2 気圧、液体ヘリウム貯槽 8 の圧力が、例えば 1.5 気圧のヘリウム液化冷凍装置に本発明を適用したものである。

【0048】この場合、循環圧縮機は、前記第 2 循環圧縮機 2 に相当する 1 台でのみよく、液体ヘリウム貯槽 8 の蒸発ガスは、圧力調節機構である圧力調節器 61 及び圧力調節弁 62 で液体ヘリウム貯槽 8 内の圧力を一定に保持しつつ、低温バッファタンク 52 からの蒸発ガスとヘリウム液化機部 7 内で合流され、熱交換器群 3 で寒冷回収後、循環圧縮機 2 に導入される。したがって、低温

バッファタンク 52 からヘリウム液化機部 7 に回収する蒸発ガスは、圧力調節器 53 及び該調節器 53 の信号で制御される圧力調節弁 54 で、前記液体ヘリウム貯槽 8 からのガスと同じ圧力に調節される。

【0049】また、液体ヘリウム貯槽 8、被冷却体冷却部 9 及びその液位調節機構である液位調節器 25 と液体ヘリウム供給弁 24、圧力調節機構である圧力調節器 26 及び圧力調節弁 27 は、前記第1実施例と同様に設けられ、同様に機能する。

【0050】なお、本実施例で循環圧縮機 2 が多段式となる場合、該循環圧縮機 2 の吸入圧力制御用の圧力制御機構である循環バイパス流路 21、バイパス弁 22 及び圧力調節器 23 は、該循環圧縮機 2 の前段圧縮段と後段圧縮段の間の適当な中間段から取り出してもよい。

【0051】また、本実施例においても、低温バッファタンク 52 の出口側のヘリウムガス帰還経路 51 に、圧力調節器 53 及び圧力調節弁 54 に代えて流量調節器と流量調節弁とを設け、流量調節器の信号で流量調節弁を制御し、低温バッファタンク 52 に一時蓄積した蒸発ガスを一定流量で回収するようにしてもよい。

#### 【0052】

**【発明の効果】**以上説明したように、本発明によれば、被冷却体の熱負荷が変動するヘリウム液化冷凍装置において、被冷却体の熱負荷増大時に増加する蒸発ヘリウムガスを低温のまま、有効に回収することができ、装置容量及び動力消費が小さく、かつ、容易な運転制御が可能なヘリウム液化冷凍装置が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例を示すヘリウム液化冷凍装置の系統図である。

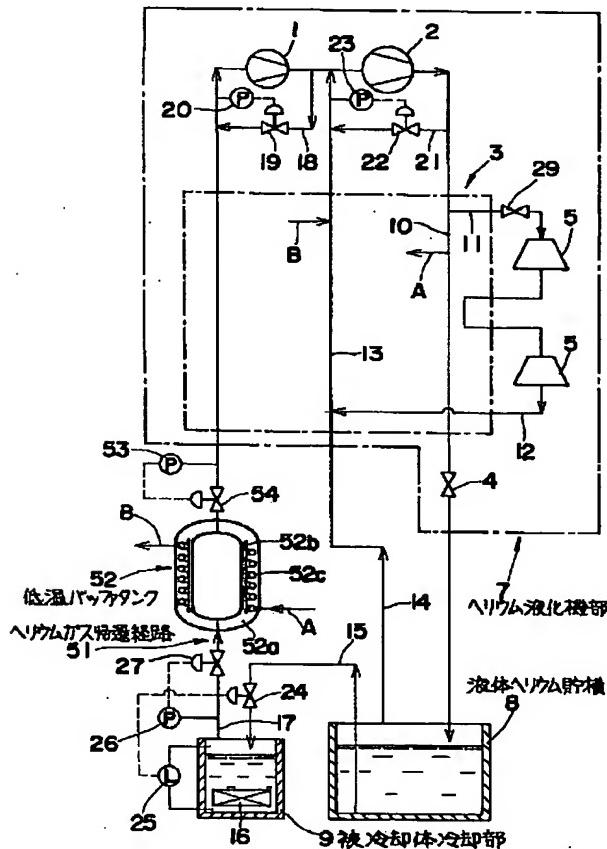
【図2】 本発明の第2実施例を示すヘリウム液化冷凍装置の系統図である。

【図3】 従来のヘリウム液化冷凍装置の一例を示す系統図である。

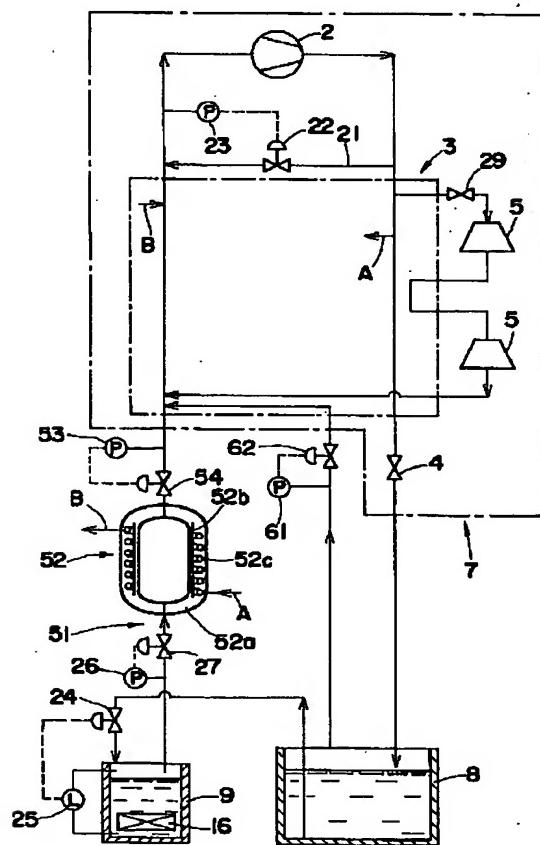
#### 【符号の説明】

1…第1循環圧縮機、2…第2循環圧縮機、3…熱交換器群、4…J T弁、5…膨張ターピン、7…ヘリウム液化機部、8…液体ヘリウム貯槽、9…被冷却体冷却部、24…液体ヘリウム供給弁、25…液位調節器、26…圧力調節器、27…圧力調節弁、51…ヘリウムガス帰還経路、52…低温バッファタンク、52b…輻射熱シールド板、53…圧力調節器、54…圧力調節弁

【図1】



【図2】



【図3】

